

Sürdürülebilirlik Sürecinde Yağmur Suyu Hasadı: Sinop Üniversitesi Kuzey Yerleşkesi Örneği

Pınar SELİMOĞLU^{1*} , Ruşen YAMAÇLI² 

¹Sinop Üniversitesi, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mimari Restorasyon Programı, Sinop

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Eskişehir

*Sorumlu Yazar: pselimoglu@sinop.edu.tr

Geliş Tarihi: 01.05.2023 Düzeltme Geliş Tarihi: 04.09.2023 Kabul Tarihi: 05.09.2023

ÖZ

Mevcut su kaynakları, değişen iklim, nüfus artışı, kentleşme, insanların bilinçsiz kullanımları gibi nedenlerle aşırı baskı ile karşı karşıyadır. Yağmur suyu toplama sistemleri yüzey ve yeraltı su kaynaklarını desteklemek için yüksek potansiyele sahip alternatif bir kaynaktır. Birçok ülke artan su talebine karşı alternatif olarak yağmur suyu hasadını teşvik etmektedir. Yağmur suyu hasadının birçok uygulama yöntemi bulunmaktadır. Bu çalışmada yağmur suyu hasadı ile ilgili bilgiler verilmiş olup, Sinop Üniversitesi Kuzey Yerleşkesinde bulunan 12 adet binanın çatısından toplanabilecek yağmur suyunun, yeşil alan sulama, araç yıkama ve bina içi kullanımlar için gerekli su ihtiyacını karşılamadaki potansiyeli araştırılmıştır. Bu amaçla yapıların çatı alanı, çatı malzemesi tespit edilmiş ve aylık yağış verileri kullanılarak hasat edilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Hasat edilen yağmur suyu ile sulanacak yeşil alanda kullanılacak su miktarı, araç yıkama içi gerekli su miktarı ve binalardaki su tüketim miktarlarının ne kadarının karşılanacağı ortaya konmuştur. Yağmur suyu hasadı sisteminin faydalarına değinilerek, yağmur suyu hasadının uygulanmasına yönelik öneriler sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: *Sinop*, yağmur suyu hasadı, sürdürülebilirlik

Rainwater Harvested in the Sustainability Process: The Case of Sinop University North Campus

ABSTRACT

Existing water resources are under extreme pressure due to changing climate, population growth, urbanization, unconscious use of people. Rainwater harvesting systems are a high potential alternative source to supplement surface and groundwater resources. Many countries are promoting rainwater harvesting as an alternative to increasing water demand. Many countries are promoting rainwater harvesting as an alternative to meet the increasing demand for water. There are many application methods for rainwater harvesting. This study provides information about rainwater harvesting and investigates the potential of collecting rainwater from the roofs of 12 buildings located at the North Campus of Sinop University to meet the water needs for irrigation of green areas, car washing, and indoor uses. For this purpose, the roof area and roof material of the buildings were determined, and the amount of harvested rainwater was calculated using monthly rainfall data. The amount of water to be used for irrigating the green area, the required amount of water for car washing, and the proportion of water consumption in the buildings that can be met with the harvested rainwater have been determined. The benefits of rainwater harvesting system are discussed, and recommendations for implementing rainwater harvesting are presented.

Key words: *Sinop*, rainwater harvesting, sustainability.

GİRİŞ

Yaşamın her alanında var olan ve yaşam kaynağı olarak addedilen suya ulaşım her geçen gün zorlaşmaktadır. Su doğada sürekli bir döngü halindedir. Artan nüfus, suyun bilinçsiz kullanımı, kentleşme, iklim değişikliği, geçirgen yüzeylerin azalması gibi sebepler bu döngünün kırılmasına neden olmaktadır. Su kaynaklarının azlığı, şehrin gelişiminden, insanların temel yaşam döngülerine kadar birçok alan ile birlikte sürdürülebilir ekonominin gelişimini de etkilemektedir (Helmreich ve Horn, 2009). Su dünyada buluna en bol sıvı olmasına rağmen büyük çoğunluğu tuzludur ve içilemez düzeydedir. Kısıtlı tatlı su kaynaklarından (akarsulardan, göllerden, akiferlerden) yapılan su çekimi, geçen yüzyıla göre büyük oranda artmış ve artmaya da devam etmektedir. Dünyada, sektörlere göre yeraltı suyu çekimi dağılımına bakıldığında, toplam hacmin %69'u tarım sektörü kullanımı, %22'si evsel kullanım ve %9'u endüstriyel amaçlı kullanımlardır. Bu oranlar kıtalara göre değişim gösterse de, kullanım alanları açısından tarım sektörü, evsel kullanım ve endüstriyel amaçlı kullanım sıralaması değişim göstermemektedir (UNESCO, 2022).

Günümüzde insanların 1,2 milyarı temel seviyede suya ulaşmadan yoksun, 2,2 milyarının da güvenli bir şekilde yönetilen içme suyuna erişemediği bilinmektedir. İklim değişikliği, sel ve kuraklık gibi gittikçe artan felaketler de durumu olumsuz etkilemeye devam etmektedir (Nations, 2022).

Birleşmiş Milletler (BM) 2030 yılı sonuna kadar ulaşılması amaçlanan 17 hedefi içeren bir evrensel eylem çağrısı hazırladı. Bu hedeflerin birçoğu su ile doğrudan ve dolaylı olarak bağlantılıdır. Hedef 6; “herkes için su ve sanitasyon erişiminin sağlanması” hedef 14; “okyanusları, denizleri ve deniz kaynaklarını korumak ve sürdürülebilir şekilde kullanmak”. olarak ifade edilmektedir. Her iki amacın gerçekleşmesi için; su kirliliğini önlemek, kaynakları doğru kullanmak, su kalitesini iyileştirmek, ekosistemi korumak ve eski haline döndürmek için dünya çapında önlemler almak gerekmektedir (Huang ve ark., 2021). Bunun için küçük ölçekli kullanımlardan büyük ölçekli kullanımlara kadar ulusal ve uluslararası düzeyde herkesin dahil olması önemlidir.

Yağmur Suyu Hasadı (YSH), evsel kullanım alanlarında, sulama alanlarında ve tarımsal alanlardaki su ihtiyacını karşılamak üzere yağmur suyunun çatılardan, teraslardan, avlulardan ve diğer geçirimsiz yüzeylerinden yoğunlaştırılması, toplanması ve depolanması olarak tanımlanabilir. Yağmur suyu hasadı, su temini ihtiyaçlarını karşılamak için eski zamanlardan beri uygulanan bir yöntemdir. Son yıllarda, ülkelerdeki toplumsal, çevresel ve iklimsel değişiklikler nedeniyle artan su ihtiyacı ve azalan su kaynaklarının ikamesi için, yeni teknolojileri kullanarak birçok alternatif uygulamalar geliştirilmeye başlanmıştır (Amos ve ark., 2016). Atık suyun geri kazanımı ve kullanımı, desalinizasyon, yağmur suyu hasadı yöntemleri gelecekte karşılaşılabilecek su sorununun çözümü için oldukça önemlidir ve teşvik edilmesi gerekli alternatif yöntemlerdir.

Yağmur suyu hasadının tarihçesi, gelişimi, finansal uygulanabilirliği, kalitesi, sosyal kabulü, uygulama yöntemleri gibi konuları kapsayan birçok araştırma ve çalışma yapılmıştır. Yağmur suyu hasadının tarihçesi, gelişimi, sulama uygulama sistemi, dünyada uygulama yöntemleri (Angelakis ve Spyridakis, 2010; Everani ve ark., 1961; Garceau, 2011; Mays ve ark., 2013; Yannopoulos ve ark., 2019) çalışmalarında anlatılmıştır. Hasat edilen yağmur suyunun kalitesi ile ilgili yapılan birçok çalışma biyolojik parametreler ve kirleticiler hakkında bilgi vermektedir (Abbasi ve Abbasi, 2011; Angrill ve ark., 2017; Chang ve Crowley, 1993; Domènech ve Saurí, 2011; Garceau, 2011; Helmreich ve Horn, 2009; Kabbashi ve ark., 2020; O'Hogain ve ark., 2012; Sazaklı ve ark., 2007). Maliyet analizi ile ilgili yapılan çalışmalarda, hasat edilecek yağmur yüzey alanı, kullanıcı sayısı, suyun bedeli, yıllık yağış oranları, sistemde kullanılan malzemeler ve fiyatları, bakım onarım masrafları, elektrik bedeli, hasat edilen suyun kullanım amacı gibi parametreler maliyet ile ilgili farklı sonuçların doğmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle çalışmalarda maliyetler hesaplanınca finansal olarak uygun olma ve olmama durumu değişiklik göstermektedir (Campisano ve ark., 2017; Ghisi ve ark., 2006; Herrmann ve Schmida, 2000; Kumar, 2004; Lee ve ark., 2010; Oviedo-Ocaña ve ark., 2018; Rahman ve ark., 2010; Ward ve ark., 2012; Zhang ve ark., 2009). Ülkemizde de yağmur suyu hasadının verimliliği üzerine çalışmalar (Çakar, 2022; Güzel ve Benli, 2020; Özölçer, 2016; Temizkan ve Tuna Kayili, 2021; Yalılı Kılıç ve Abuş, 2018; Yükselir ve ark., 2019) yapılmış ve bir maliyet analizleri ortaya konulmuştur.

Kampüs alanları yoğun olarak kamu binalarını, açık alanları ve peyzaj alanlarını bir arada bulunduran kamusal alanlardır. Yağmur suyu hasadına ilişkin çalışmaların bu alanlarda yapılması geniş peyzaj alanlarında hasat edilen yağmur suyunu kullanma potansiyeli açısından oldukça verimli sonuçlar sunabilmektedir. Ülkemizde kampüs alanlarında yağmur suyu hasadına ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Özeren Alkan ve Hepcan (2022), Ege Üniversitesi Merkez yerleşkesinde yer alan 24 adet binadan hasat edilecek potansiyel yağmur suyu ile mevcut yeşil alanların sulanması için gerekli suyun ne kadarını karşılayacağını hesaplamıştır. Yalılı Kılıç ve ark. (2022), Bursa Uludağ Üniversitesi İlahiyat Fakültesi yerleşkesine kurulacak olan yağmur suyu sisteminin maliyet analizini hesaplamıştır. Kalıpcı ve ark. (2021), Coğrafi Bilgi Sistemlerini kullanarak Giresun Üniversitesi Güre ve Gazipaşa kampüs alanlarında yer alan binaların çatı alanlarında yağmur suyu toplama potansiyelini hesaplamıştır. Temizkan ve Tuna Kayili (2021), Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi'nin çatısından hasat edilecek yağmur suyunun depo büyüklüğünü ve maliyet analizini hesaplamıştır. Eren ve ark. (2016), Sakarya

Üniversitesi Esentepe Kampüs alanını 8 ayrı bölgeye ayırmış ve her bir bölgede yer alan toplam 72 adet binanın çatısından hasat edilecek yağmur suyu potansiyelini hesaplayarak, toplanacak yağmur suyu ile yeşil alanın sulanmasında gerekli ihtiyacın ne kadarının karşılanacağını tespit etmiştir. Özölçer (2016), Bülent Ecevit Üniversitesi Farabi Yerleşkesindeki binaların çatısından hasat edilecek yağmur suyu potansiyelini hesaplayarak, toplanan yağmur suyuna ilişkin sistem özelliklerini ve ekonomik analizini ortaya koymuştur. Hajjar ve ark. (2020), İzmir Kâtip Çelebi Üniversitesi'nin Yağmur Suyu Hasadı su potansiyelini belirlemiştir. Yükselir ve ark. (2019), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) aracılığıyla, Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsünde bulunan yapıların çatılarından toplanacak yağmur suyu kapasitelerini araştırmıştır. Bayramoğlu ve Büyükkurt (2020), Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsündeki alanı 4 bölgeye ayırmış ve burada bulunan binalardan toplanacak yağmur suyu hasadı potansiyelini hesaplayarak, yeşil alanların sulanması için gerekli su ihtiyacını karşılama potansiyelini analiz etmiştir.

Yeşil alanların sulanması için gereken su miktarı farklı çalışmalarda ele alınmış olup, miktarlar iklim koşullarına göre değişiklik göstermektedir. Sarıkoç (2007), çalışmasında 3 farklı ilkim bölgesinden seçtiği illerde yeşil alan sulamak için gerekli su miktarını, Antalya'da 7.80 lt-m², Ankara'da 5.40 lt-m² ve Trabzon'da 4.23 lt-m² olarak hesaplamıştır. Yalılı Kılıç ve ark. (2022), Bursa için bu değeri 6.00 lt-m², Kalıpcı ve ark. (2021), Giresun için 5lt-m², Küçüksayan (2010, p. 74), çalışmasında ılıman iklim bölgeleri için çim alanların sulanması için yaklaşık 6.80 lt-m² su ihtiyacı olduğunu belirtmiştir. Çalışmaların verileri ışığında, bu çalışmada yeşil alanın sulanması için 6.80 lt-m² su kullanımına göre hesaplamalar yapılmıştır.

Yağmur suyundan en iyi verimi sağlamak için doğru strateji gerekmektedir. Yağmur suyunu yakalamak, depolamak, sızmayı arttırarak suyun döngüye katılmasını sağlamak, ekolojik bozulmayı geri döndürmek, sel baskınlarını azaltmak, gerekli alanlarda (tarım, hayvancılık, evsel, endüstriyel) kullanıma sunmak için dağıtımını sağlamak gibi bir çok amacı su hasadı ile sağlamak mümkündür. Su hasadının birçok yöntemi bulunmaktadır. Oweis ve ark., (2004) çalışmalarında, havza boyutuna göre sınıflandırma yaparak yağmur suyu hasadını mikro havza ve makro havza su hasadı olarak iki ana kola ayırmışlardır. Mikro havza yöntemleri kısa mesafede ve küçük bir alandaki yağmur suyunun toplanması, makro havza yöntemleri ise; büyük alanlardan akışın toplanmasıdır. Mikro havza yöntemlerinden biri olan çatı yağmur suyu hasadı sistemi, toplanan yağmur suyunun uygun filtrasyon teknikleri ile depolayarak, içilebilir ve içilebilir olmayan (evsel kullanım, araç yıkama, bahçe sulama gibi) amaçlar için kullanılmasını kapsamaktadır. Hasat edilen yağmur suyu, içme suyu olarak kullanılabilmesi için standartlara uygun hale getirilmeli ve bunun için de uygun filtrasyon yöntemleri seçilmelidir.

Bu çalışmada; Sinop ilindeki diğer alanlara örnek teşkil etmesi amacıyla Sinop Üniversitesi Kuzey Kampüsünde bulunan yapılardan toplanabilecek çatı yağmur suyu potansiyeli hesaplanmıştır. Çalışma ile;

- Çalışma alanındaki yapılardan yıl boyunca toplanacak yağmur suyu miktarının belirlenmesi,
- Toplanan yağmur suyunun Sinop Üniversitesi Kuzey Kampüsü'ndeki su tüketiminin azaltılmasında ne kadar katkı sağlayacağını ortaya koyulması amaçlanmıştır.

Çalışma, Sinop Üniversitesi Kuzey Kampüsü için çatı yağmur suyu hasadı verilerinin toplandığı ilk çalışma olup, yağmur suyu hasadı ve kullanım alanına katkısı konusunda bilimsel literatüre katkı sağlamaktadır. Bu çalışma ile yağışın az olduğu dönemlerde, özellikle sulama ihtiyaçlarını karşılamak ve araç yıkama veya bina içi tüketim için hasat edilen yağmur suyunun kullanımıyla, kampüs alanında su tüketimi azaltılarak ücretsiz olan su kaynağı kullanımının yaygınlaşması teşvik edilecektir.

MATERYAL ve METOT

Çalışma, Sinop İli Merkez ilçesi Bostancılı Köyü, Kabraz, Karagöl ve Nasuhbaşoğlu Mevkilerinde (Şekil 1) bulunan Sinop Üniversitesi Kuzey Yerleşkesi içerisinde yer alan İlahiyat Fakültesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Meslek Yüksekokulu, Eğitim Fakültesi ve Öğrenci Yaşam Merkezi binalarını da içeren toplam 12 adet yapı grubunun bulunduğu alanı kapsamaktadır. Bu alanın seçilmesinin nedeni Sinop Üniversitesine bağlı yerleşkeler içerisinde en fazla heterojen çatı yapısının bulunduğu binaya sahip, yeşil alan oranı en büyük yerleşke olmasıdır. Yerleşke içerisinde yapılaşma halen devam etmekte olup, bitkisel peyzaj düzenlemesi tamamlanmamıştır (Şekil 2).

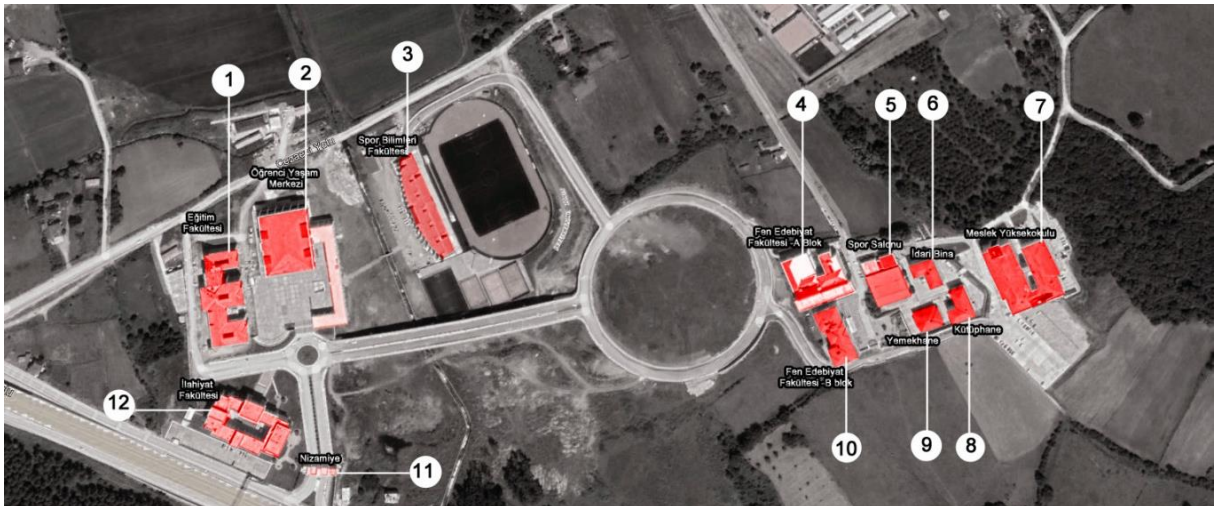


Şekil 1. Kuzey yerleşkesi (URL1,2022)



Şekil 2. Kuzey yerleşkesi (fotoğraf SNÜ basın yayın ve halkla ilişkiler müd. alınmıştır.)

Kuzey yerleşkesinin toplam alanı 332500.98 m² olup, çalışmaya dahil edilen 12 adet binanın çatı yüzeyi toplam 25362.74 m², yol, atletizm pisti ve yapısal peyzaj alanları ile otoparklar çıkarıldığında yerleşke içerisindeki yeşil alan toplam 217343.79 m²'dir (Şekil 3). Fakat bu yeşil alanın tümünde sulama yapılmamaktadır.



Şekil 3. Çalışma yapılacak alandaki binalar

Yağmur suyu hasadının hesaplamasında en önemli değişken olan yağış miktarı verilerinin doğru belirlenebilmesi için, çalışma alanına en yakın istasyondan veri temin edilmesi önem arz etmektedir. T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınan verilerine göre Sinop ili Merkez ilçe için 1980-2022 yılları arası periyodik ölçümlere göre ortalama yıllık yağış miktarı; 715.87 mm'dir. Çizelge 1.'de görüldüğü üzere Sinop ili iklim parametreleri incelendiğinde; yıllık ortalama en yüksek sıcaklık 23.91°C ile Ağustos ayında, en düşük sıcaklık ise 6.73°C ile Şubat ayında görülmüştür. Yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 134.18 gün, en çok yağışlı günler Aralık ayında, en az yağışlı günler ise Temmuz ayındadır (Çizelge 1) (MGM, 2022).

Çizelge 1. Sinop ili merkez ilçe aylık yağış ve ortalama sıcaklık parametresi (1980- 2022).

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Yağış miktarı (mm)	76.83	49.95	56.54	37.4	36.23	39.13	38.23	43.75	65.09	92.84	86.91	92.9	715.87
Ortalama Sıcaklık (°C)	7.15	6.73	7.74	10.86	15.23	20.28	23.3	23.91	20.58	16.6	12.5	9.28	14.51
Yağışlı Gün sayısı (Gün)	15.65	13	13.58	11.63	10.37	8.35	5.91	6.21	9	12.47	12.47	15.5	134.18

Çalışmada alanın uydu görüntüleri ile birlikte, alan hesaplamada AutoCAD 2022, veri tablolarında Microsoft Exel 2010, görselleştirmede Adobe Photoshop CS5 yazılımları kullanılmıştır.

Çalışma yöntemi dört aşamadan oluşmuştur.

Veri toplama; makalenin de amacı doğrultusunda yağmur suyu hasadının tarihçesi, gelişimi, finansal uygulanabilirliği, kalitesi, sosyal kabulü, uygulama yöntemlerine dair "Google Scholar", "Web of Science", "Scopus" ve "Scienedirect" veri tabanları literatür taraması yapılmıştır. Literatür taranırken anahtar kelimelerde, yayınların başlıklarında veya tüm makalede "rainwater harvesting", "stormwater harvesting", "financial viability", "social acceptance", "yağmur suyu hasadı" kelimeleri ile aratılmıştır. Çalışmalar ışığında, çalışma alanının belirlenmesi, kullanılacak verilerin elde edilmesi ve saha gözlemi gibi konular belirlenmiştir.

Veri işleme ve veri analizi; Google Earth uydu görüntüleri kullanılarak alan çatıları ve yeşil alan sınırı görselleştirilmiş, Sinop Üniversitesi Yapı İşleri ve Daire Başkanlığı'ndan AutoCAD ortamında temin edilen projelerden yeşil alan ve çatı yüzey alanları hesaplanmıştır. Çatı tipi, çatı yüzey alanı, yağış verileri ve yüzey akış katsayısı verileri kullanılarak Microsoft Excel 2010 yardımıyla hasat edilecek yağmur suyu miktarı hesaplanmıştır. Yağmur suyu verimi için Alman Standartları (DIN, 1989) tarafından belirlenen formül kullanılmıştır.

Toplanacak Yağmur Suyu Miktarı = Yıllık Yağış Miktarı (mm) x Yağmur Toplama Alanı (m²) x Çatı Katsayısı (%) x Filtre Etkinlik Katsayısı (%)

Yıllık yağış Miktarı; Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden edinilen aylık ortalama yağış miktarını ifade etmektedir.

Yağmur toplama alanı; yağmur suyu toplanacak yüzey alanını ifade etmektedir.

Çatı katsayısı: Çatı malzeme türüne göre kullanılacak katsayıdır ve çatıya düşen yağmur sularının tamamının geri dönüştürülemeyeceğini ifade etmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Çatı katsayı tablosu (Dadhich ve Mathur, 2016)

Çatı tipi	Çatı katsayısı
Metal	0.90
Asbest	0.80
Kiremit kaplama	0.75
Beton	0.70
Polimer esaslı kaplama malzemesi	0.90

Filtre Etkinlik Katsayısı; çatıdan toplanan yağmur suyunun, ayrıştırılması için geçirilen ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Toplanan suyun bir miktarının buradan geçemeyeceği hesaplanarak, Alman standartları tarafından DIN1989’da belirtilen 0,9 katsayısı ifade etmektedir.

Veri değerlendirilmesi; verilerin analizinden elde edilen bulgular değerlendirilerek hasat edilecek yağmur suyu miktarı ile yeşil alan sulanmasında, araç yıkamada ve bina içinde kullanılacak su miktarı ilişkilendirilmiştir.

Bu aşamada çalışma alanındaki yeşil alanın sulanması için gerekli su ihtiyacı hesaplanmıştır. Araç İşletme Amirliği’nden su faturaları temin edilmiş ve üniversiteye ait araçları yıkamak için harcanan su miktarı belirlenmiştir. Çalışma alanındaki 12 adet binaya ait su faturalarından yola çıkılarak yıllık su tüketimleri tespit edilmiştir.

Sentezleme aşamasında yapılan değerlendirmelerde sonuç ve öneriler elde edilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Çalışma alanındaki 12 adet yapıya ait çatının, kiremit, beton, metal, polimer esaslı malzeme olmak üzere 4 farklı çatı kaplama malzemesinden imal edildiği tespit edilmiştir. Çalışma alanındaki yapıların çatı kaplama malzemeleri, çatı yüzey alanları ve hasat edilecek yağmur suyu miktarı Çizelge 3’te verilmiştir.

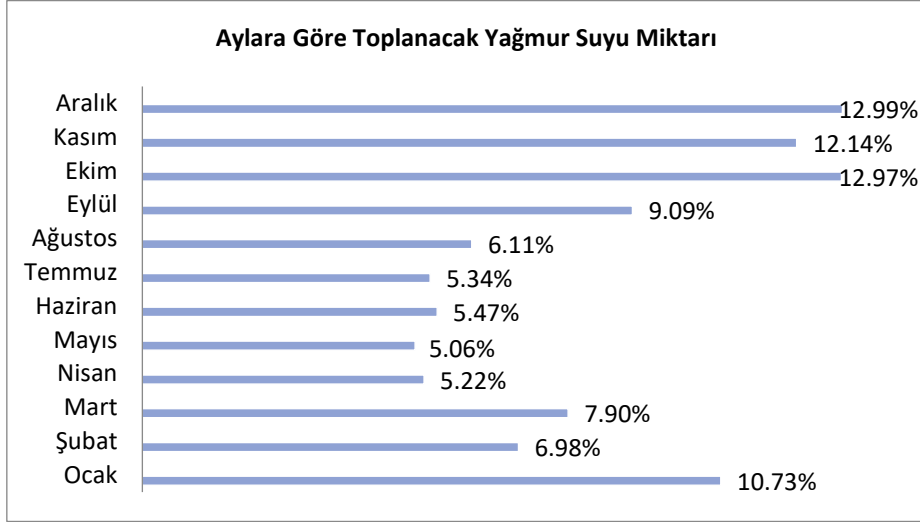
Çizelge 3. Yıl boyunca çalışma alanındaki binalardan toplanacak yağmur suyu miktarı

Bina Numarası	Çatı Tipi	Yıllık Yağış Miktarı	Çatı Alanı (m ²)	Çatı Katsayısı	Filtre Katsayısı	Hasat Edilecek Yağmur Miktarı (m ³)
1	Kiremit	715.88	3335.12	0.75	0.90	1611.59
2	Kiremit	715.88	3215.36	0.75	0.90	1553.72
	Beton	715.88	2288.55	0.70	0.90	1032.15
3	Metal	715.88	2450.48	0.90	0.90	1420.94
4	Metal	715.88	2688.69	0.90	0.90	1559.07
5	Metal	715.88	1148.51	0.90	0.90	665.98
	Polimer Esaslı Malz.	715.88	537.78	0.90	0.90	311.84
6	Kiremit	715.88	511.02	0.75	0.90	246.93
7	Kiremit	715.88	3465.31	0.75	0.90	1.674.50
8	Kiremit	715.88	512.42	0.75	0.90	247.61
9	Kiremit	715.88	475.66	0.75	0.90	229.85
10	Kiremit	715.88	1216.21	0.75	0.90	587.70
11	Polimer Esaslı Malz.	715.88	396.47	0.90	0.90	229.90
12	Polimer Esaslı Malz.	715.88	3121.16	0.90	0.90	1809.84
TOPLAM			25362.74			13181.63

Yıl boyunca çatılardan toplanabilecek yağmur suyu potansiyeli 13181.63 m³ olarak hesaplanmıştır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden alınan verilere ışığında mevsimlere göre yağış oranları değerlendirildiğinde; hasat edilecek yağmur suyunun; % 30.72’si kış aylarında, % 34.20’si sonbahar aylarında, %18.18’i ilkbahar aylarında ve %16.92’sinin de yaz aylarında toplanabileceği tespit edilmiştir (Çizelge 4).

Kuzey Yerleşkesinde inşaat ve altyapı çalışmalarının devam etmesi sebebi ile binaların çevresindeki peyzaj alanları, yol refüjleri ve ağaçlandırma alanlarını da içerisine alan 45528.65 m²’lik alanın sulanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Binaların çatı yüzeyinden hasat edilecek yağmur suları ile yıl boyunca sulanması gereken yeşil alanın su ihtiyacının %11.67’lik kısmını, yağışlı günlerin en az olduğu kurak geçen 5 ay (Nisan - Mayıs - Haziran - Temmuz - Ağustos) boyunca sulanması durumunda ise, sulanması gereken yeşil alan için su ihtiyacının %28.38’lik kısmı karşılayabileceği tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Yıl boyunca çalışma alanındaki binalardan toplanacak yağmur sularının aylara göre dağılımı



Çizelge 5. Yıl boyunca çalışma alanındaki binalardan toplanacak yağmur suları ile yeşil alan sulama suyu ihtiyacının karşılama oran hesabı

Sulanması Gereken Yeşil Alan (m ²)	Su İhtiyacı (lt/m ²)	Sulama için Gereken Günlük su miktarı (Lt)	Sulama için Gereken Günlük su miktarı (m ³)	Yıl Boyunca Sulama için Gereken Su Miktarı	Yağışın En Az Olduğu 5 Ay Boyunca Sulama için Gereken Su Miktarı	Hasat Edilecek Potansiyel Yağmur Suyu miktarı	Yıl içinde hasat edilen Su ile Karşılama Oranı	5 ay boyunca hasat edilen Su ile Karşılama Oranı
45528.65	6.80	309594.82	309.59	113002.11	46439.22	13181.63	11.67%	28.38%

Araç İşletme Amirliği'nden alınan su tüketim verilerine göre, üniversite bünyesindeki araçları yıkamak için yılda 382.00 m³ su kullanılmaktadır. Çalışma alanında bulunan 1,2,3,11 numaralı yapıların son 1 yıllık, 4,5,6,7,8,9,10,12 numaralı yapıların son 5 yıllık su tüketim miktarlarından elde edilen veriler sonucunda 12 adet binanın yıllık su tüketimi toplam 42398.28 m³'tür. Araç yıkama için gerekli kullanım suyu ihtiyacının tamamı, bina içi ihtiyaçları için ise gerekli su miktarının % 31.09'lık kısmının karşılayabileceği tespit edilmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Hasat edilen yağmur suları ile araç yıkama ve bina içi kullanım için gerekli su ihtiyacını karşılama oran hesabı

	Hasat Edilecek Potansiyel Yağmur Miktarı (m ³)	Yıl Boyu Kullanılan Su Miktarı (m ³)	Hasat edilen Su ile İhtiyaçlarına Karşılama Oranı
Araç Yıkama İşleri için	13181.63	382.00	100.00%
Bina içi İhtiyaçlar için	13181.63	42398.28	31.09%

SONUÇ ve ÖNERİLER

Kaynakların bilinçsizce kullanılması, kirletilmesi, iklim değişikliği, kentleşme, ormansızlaşma, endüstrileşme ve israf gibi etkenler tatlı su kaynaklarına ulaşımı gittikçe zor hale getirmektedir. Bunun neticesinde gelecekte mevcut kaynaklarla ihtiyacımızı karşılamak daha da güç hale gelecektir. Bu nedenle mevcut kaynakları en doğru şekilde kullanmanın yanı sıra, alternatif kaynakları da değerlendirmek gerekmektedir. Alternatif su kaynakları arasında yağmur suyu hasadının önemi yadsınamaz. Binaların çatılarından doğrudan toplanan yağmur suyu, şebeke sularına alternatif bir kaynak olabilir. Yağmur suyu hasadı yalnız su kaynaklarına takviye olarak değerlendirmek doğru değildir. Su hasadını kentsel su yönetim planına dahil edilerek, sızma arttırılabilir ve yeraltı suyunu daha fazla besleyerek doğal su döngüsüne katkı sağlanabilir.

Bu çalışmada, Sinop Üniversitesi Kuzey Kampüsünde binaların çatılarından toplanacak yağmur suyu miktarı hesaplanarak, yeşil alanların sulanması, araç yıkama veya bina içi kullanımdaki potansiyeli değerlendirilmiştir. Toplanacak yağmur suyu araç yıkama için gerekli suyu tamamını karşılarken, sulama için gerekli su kullanımına ve bina içi kullanıma da katkı sağlayacağı tespit edilmiştir.

Türkiye geneli su/tarım yılı yağışı 1991-2020 yılı normali; 573.4 mm iken, 1 Ekim 2021-30 Eylül 2022 arasında 550.9 mm, geçen yıl 465.5 mm'dir. Su/tarım yılı yağışları Marmara Bölgesi'nde normal civarında, Akdeniz ve Karadeniz bölgelerinde normalin üzerinde, Ege, Güneydoğu Anadolu, İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde ise normalin altında tamamlanmıştır (URL2, 2022). Türkiye'de ortalama sıcaklık değerlerine bakıldığında; 1970-1979 yılları arasında 12.8°C, 1980-1989 yılları arasında 12.7°C, 1990-1999 yılları arasında 13.0°C, 2000-2010 yılları arasında 13.6°C ve 2011-2021 yılları arasında 14.1°C olarak ölçülmüştür (İçin ve Taştan, 2022). Yıllar içerisinde meydana gelen sıcaklık artışı ve yağış miktarındaki azalma gelecek hakkında fikir sahibi olmamız ve gerekli önlemleri almamız konusunda önemli bir göstergedir.

Bu çalışma ile kent ölçeğine kıyasla küçük ölçekli bir alandan bile elde edilen yağmur suyunun çeşitli ihtiyaçların karşılanmasındaki önemi görülmüştür. Özellikle yağışın az olduğu dönemlerde, yağmur suyunu bir alternatif olarak değerlendirmek gerekmektedir. Hasat edilen yağmur suyu, depolama, kullanım alanına göre arıtma, taşıma ve dağıtma gibi ekstra bir maliyet getirirse de, sürdürülebilir bir yöntem olan yağmur suyu hasadında kaynağın maliyet gerektirmemesi, ekonomiye katkı sağlaması ve çevre ile uyumlu tasarımlar olması nedeni ile oldukça önemlidir. Sinop Üniversitesi Kuzey Kampüsünde yapılaşma devam etmekte olup, bundan sonra yapılacak binalarda ve peyzaj alanı düzenlemelerinde yağmur suyu hasadı sistemi de değerlendirilerek uygulanmalıdır.

Yağmur suyu ücretsiz bir kaynaktır. Yağmur suyu hasadının avantajları oldukça fazladır (Çizelge 7). Yağmur suyu hasadının avantajları önemini vurgulamaya yeterlidir.

Çizelge 7. Yağmur suyu Hasadı avantajları



Birleşmiş Milletlerin Sürdürülebilir Kalkınma hedefleri arasında, herkesin suya erişimi ve sürdürülebilir su yönetimi ile okyanuslar, denizler ve deniz kaynaklarının korunması konuları da yer almaktadır. Suyun her platformda yer alıyor oluşu sorunun büyüklüğünü bir kez daha ortaya koymaktadır. Alternatif su kaynaklarından biri olan yağmur suyu hasadı birçok ülkede kullanılmaktadır. Ne yazık ki ülkemizde yağmur suyu hasadı ile ilgili uygulamalar kısıtlıdır. Yağmur suyunun yaygınlaştırılması için yönetimlerin, sivil toplum örgütlerinin, akademisyenlerin, medyanın ortak çalışma yürütmesi gerekmektedir. Ülkemizde de yağmur suyu hasat yöntemlerinin daha yaygın hale gelmesi için;

- Yerel yönetimler, politikacılar, akademisyenler, sivil toplum örgütlerinin de dâhil edildiği klavuzlar, yönetmelikler hazırlanmalı, eğitimler, ar-ge çalışmaları, yatırım faaliyetleri, kongreler düzenlenmelidir. Medya araçları etkin kullanılarak halk bilinçlendirilmelidir.
- Coğrafi konum, nüfus, meteorolojik parametreler, kullanım alışkanlıkları, altyapı sistemleri göz önünde bulundurularak yerel ölçekte ve ülke ölçeğinde su yönetim planlaması yapılmalıdır.
- Yeni yapılacak binalarda yağmur suyu hasat sistemlerinin etkin uygulaması ve kullanımları sağlanmalı ve mevcut kamu binaları ve büyük ölçekli ticari, endüstri binalarında yağmur suyu hasat sistemleri entegre edilmelidir.

- iv. Ülkenin tüm alanlarında, yağmur bahçeleri, yeşil çatılar, geçirgen yüzeylerin yer aldığı geniş park alanlarını içeren yeşil alanlar tasarlanarak, hem yağmur suyunun yakalanması, sızması ve döngüye katılması sağlanmalı hem de, estetik, ekolojik alanlar elde edilmelidir.
- v. Yağmur suyunun etkin kullanımı ve gri suyun dönüştürülerek kullanılması konularını içeren bir sertifika sistemi oluşturulmalı, bu sistem yeni yapılacak tüm binalarda ve zaman içerisinde eski binalar da içine katılacak şekilde zorunlu hale getirilmelidir.
- vi. Su tüketim alışkanlarının değiştirilmesi için medya etkin şekilde kullanılmalı ve şebeke suyu fiyatları artırılmalıdır.
- vii. Suyun en çok kullanan tarım ve endüstri alanlarında alternatif kaynaklarının kurulması sübvansiyonlar, vergi indirimleri getirilerek teşvik edilmeli ve bu sistemlerin oluşturulması zorunlu kılınmalı ayrıca etkin bir denetim mekanizması getirilmelidir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

KAYNAKLAR

- Abbasi, T. ve Abbasi, S. A. (2011). Sources of pollution in rooftop rainwater harvesting systems and their control. <http://dx.doi.org/10.1080/10643389.2010.497438>, 41(23), 2097–2167. doi:10.1080/10643389.2010.497438.
- Amos, C. C., Rahman, A. ve Gathenya, J. M. (2016). Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: A review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water* 2016, Vol. 8, Page 149, 8(4), 149. doi:10.3390/W8040149.
- Angelakis, A. N. ve Spyridakis, D. S. (2010). A brief history of water supply and wastewater management in ancient Greece. *Water Supply*, 10(4), 618–628. doi:10.2166/WS.2010.105.
- Angrill, S., Petit-Boix, A., Morales-Pinzón, T., Josa, A., Rieradevall, J. ve Gabarrell, X. (2017). Urban rainwater runoff quantity and quality – A potential endogenous resource in cities *Journal of Environmental Management*, 189, 14–21. doi:10.1016/J.JENVMAN.2016.12.027.
- Bayramoğlu, E. ve Büyükkurt, U. (2020). Water savings in sustainable campuses: Example of KTU Kanuni Campus. *Online Journal of Art and Design*, 8(4).
- Çakar, H. (2022). İzmir ili koşullarında bahçeli bir sitenin yağmur suyu hasadı potansiyelinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(2), 446–452. doi:10.30910/TURKJANS.1084095.
- Campisano, A., Butler, D., Ward, S., Burns, M. J., Friedler, E., DeBusk, K., Han, M. (2017). Urban rainwater harvesting systems: Research, implementation and future perspectives. *Water Research*, 115, 195–209. doi:10.1016/J.WATRES.2017.02.056.
- Chang, M. ve Crowley, C. M. (1993). Preliminary observations on water quality of storm runoff from four selected residential roofs. *JAWRA Journal of the American Water Resources Association*, 29(5), 777–783. doi:10.1111/J.1752-1688.1993.TB03237.X.
- Dadhich, G. ve Mathur, P. (2016). A GIS based analysis for rooftop rain water harvesting. DIN. (1989). Regenwassernutzungsanlagen. German. <https://www.beuth.de/de/norm/din-1989-100/349132024>.
- Domènech, L. ve Saurí, D. (2011). A comparative appraisal of the use of rainwater harvesting in single and multi-family buildings of the Metropolitan Area of Barcelona (Spain): Social experience, drinking water savings and economic costs. *Journal of Cleaner Production*, 19(6–7), 598–608. doi:10.1016/J.JCLEPRO.2010.11.010.
- Eren, B., Aygün, A., Likos, S. ve Damar, A. İ. (2016). Yağmur suyu hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüs örneği. 4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) içinde (ss. 487–494). Alanya/Antalya.
- Everani, M., Shanan, L., Tadmor, N. ve Aharoni, Y. (1961). Ancient agriculture in the Negev. *Science*, 133(3457), 979–996. <https://www.jstor.org/stable/1706491?seq=1>.
- Garceau, M. E. (2011). ‘I call the people.’ Church bells in fourteenth-century Catalunya. *Journal of Medieval History*, 37(2), 197–214. doi:10.1016/J.JMEDHIST.2011.02.002.
- Ghisi, E., Montibeller, A. ve Schmidt, R. W. (2006). Potential for potable water savings by using rainwater: An analysis over 62 cities in southern Brazil. *Building and Environment*, 41(2), 204–210. doi:10.1016/J.BUILDENV.2005.01.014.

- Güzel, İ. ve Benli, A. (2020). Bingöl şehir merkezine yakın devlet yollarında yağmur suyu hasadı ve hidroelektrik potansiyelinin incelenmesi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 11(1), 405–417. doi:10.24012/DUMF.565949.
- Hajjar, H., Kılınç, İ. K. ve Ülker, E. (2020). Rainwater harvesting potential in public buildings: A case study in Katip Celebi University. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 167–172. doi:10.46810/TDFD.728797.
- Helmreich, B. ve Horn, H. (2009). Opportunities in rainwater harvesting. *Desalination*, 248(1–3), 118–124. doi:10.1016/J.DESAL.2008.05.046.
- Herrmann, T. ve Schmida, U. (2000). Rainwater utilisation in Germany: Efficiency, dimensioning, hydraulic and environmental aspects. *Urban Water*, 1(4), 307–316. doi:10.1016/S1462-0758(00)00024-8.
- Huang, Z., Nya, E. L., Rahman, M. A., Mwamila, T. B., Cao, V., Gwenzi, W. ve Noubactep, C. (2021). Integrated water resource management: Rethinking the contribution of rainwater harvesting. *Sustainability* 2021, Vol. 13, Page 8338, 13(15), 8338. doi:10.3390/SU13158338.
- İçin, B. ve Taştan, F. (2022). Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü Türkiye ortalama sıcaklık ekstrem değerleri. Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- Kabbashi, N. A., Jami, M. S., Abdurahman, N. H. ve Puad, N. I. M. (2020). Rainwater harvesting quality assessment and evaluation: IIUM case study. *IIUM Engineering Journal*, 21(1), 12–22. doi:10.31436/iiumej.v21i1.1139.
- Kalıpcı, E., Başer, V. ve Genç, N. (2021). Coğrafi bilgi sistemi kullanarak yağmur suyu hasadının değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi Kampüs örneği. *GAZİOSMANPAŞA BİLİMSEL ARAŞTIRMA DERGİSİ (GBAD)*, 10(1), 49–58. <http://dergipark.gov.tr/gbad>.
- Küçüksayan, C. (2010). Peyzaj uygulamalarında otomatik sulamanın önemi ve Ankara kent örneğinde uygulanmasının irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın.
- Kumar, M. D. (2004). Roof water harvesting for domestic water security: Who gains and who loses? *Water International*, 29(1), 43–53. doi:10.1080/02508060408691747.
- Lee, J. Y., Yang, J. S., Han, M. ve Choi, J. (2010). Comparison of the microbiological and chemical characterization of harvested rainwater and reservoir water as alternative water resources. *Science of The Total Environment*, 408(4), 896–905. doi:10.1016/J.SCITOTENV.2009.11.001.
- Mays, L., Antoniou, G. P. ve Angelakis, A. N. (2013). History of water cisterns: Legacies and lessons. *Water* 2013, Vol. 5, Pages 1916–1940, 5(4), 1916–1940. doi:10.3390/W5041916.
- MGM (2022). Yıllık toplam yağış verileri - Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx> (Erişim Tarihi: 27.11.2022).
- Nations, U. (2022). The Sustainable Development Goals Report. <https://unstats.un.org/sdgs/report/2022> (Erişim Tarihi: 26.11.2022).
- O’Hogain, S., Mccarton, L., Mcintyre, N., Pender, J. ve Reid, A. (2012). Physicochemical and microbiological quality of harvested rainwater from an agricultural installation in Ireland. *Water and Environment Journal*, 26(1), 1–6. doi:10.1111/J.1747-6593.2011.00254.X.
- Oviedo-Ocaña, E. R., Dominguez, I., Ward, S., Rivera-Sanchez, M. L. ve Zaraza-Peña, J. M. (2018). Financial feasibility of end-user designed rainwater harvesting and greywater reuse systems for high water use households. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(20), 19200–19216. doi:10.1007/S11356-017-8710-5/TABLES/12.
- Oweis, T., Hachum, A. ve Bruggeman, A. (2004). Indigenous water harvesting systems in West Asia and North Africa. *The Palgrave Encyclopedia of Urban and Regional Futures*. Syria: ICARDA. doi:10.1007/978-3-030-51812-7_84-1.
- Özeren Alkan, M. ve Hepcan, Ş. (2022). Determination of rainwater harvesting potential: A case study from Ege University. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(2), 259–266. doi:10.25308/ADUZIRAAT.1145029.
- Özölçer, İ. H. (2016). Rainwater harvesting analysis for Bulent Ecevit University Central Campus. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6(1), 22–34. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/karaelmasfen/issue/57123/805941>.
- Rahman, A., Dbais, J. ve Imteaz, M. A. (2010). Sustainability of rainwater harvesting systems in multistorey residential buildings. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(1), 73–82. doi:10.3844/AJEASSP.2010.73.82.
- Sarıkoç, E. (2007). Peyzaj alanlarında kullanılan sulama yöntemleri ve bitki su tüketim modellerinin Türkiye’nin üç farklı iklim bölgesinde uygulanması. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Sazakli, E., Alexopoulos, A. ve Leotsinidis, M. (2007). Rainwater harvesting, quality assessment and utilization in Kefalonia Island, Greece. *Water Research*, 41(9), 2039–2047. doi:10.1016/J.WATRES.2007.01.037.

- Temizkan, S. ve Tuna Kayili, M. (2021). Yağmur suyu toplama sistemlerinde optimum depolama yönteminin belirlenmesi: Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi örneği. *El-Cezeri*, 8(1), 102–116. doi:10.31202/ECJSE.778973.
- UNESCO. (2022). UN World Water Development Report 2022 | UN-Water. <https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2022> (Erişim Tarihi: 26.11.2022).
- URL1 (2022). Google Earth. <https://earth.google.com/web/data=MkEKPwo9CiExRUVnWDI5c3AyY3dpYUxOVGRmV1dGRExzNExqTFg1aGkSFgoUMDEwOTI5NkI0QTl1RUIyNjQ2OTQgAQ> (Erişim Tarihi: 27.11.2022).
- URL2 (2022). Kümülatif Yağış Raporu - Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=k#sfB> (Erişim Tarihi: 13.12.2022).
- Ward, S., Memon, F. A. ve Butler, D. (2012). Performance of a large building rainwater harvesting system. *Water Research*, 46(16), 5127–5134. doi:10.1016/J.WATRES.2012.06.043.
- Yalılı Kılıç, M., Adalı, S. ve Öztürk, K. (2022). Üniversite kampüsünde yağmur suyu toplama sisteminin kurulmasının incelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), 180–186. doi:10.30910/turkjans.1180224.
- Yalılı Kılıç, M. ve Abuş, M. N. (2018). Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 4(2), 209–215. doi:10.24180/IJAWS.426795.
- Yannopoulos, S., Giannopoulou, I. ve Kaiafa-Saropoulou, M. (2019). Investigation of the current situation and prospects for the development of rainwater harvesting as a tool to confront water scarcity worldwide. *Water* 2019, Vol. 11, Page 2168, 11(10), 2168. doi:10.3390/W11102168.
- Yükselir, H., Ağaçasapan, B. ve Çabuk, A. (2019). CBS tabanlı çatıların yağmur suyu toplama kapasitesinin hesaplanması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 1(2), 16–26. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/aist/issue/43776/514669>.
- Zhang, Y., Chen, D., Chen, L. ve Ashbolt, S. (2009). Potential for rainwater use in high-rise buildings in Australian cities. *Journal of Environmental Management*, 91(1), 222–226. doi:10.1016/J.JENVMAN.2009.08.008.